

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/000241

International filing date: 13 January 2005 (13.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 005 574.2  
Filing date: 05 February 2004 (05.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 21 February 2005 (21.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 10 2004 005 574.2

**Anmeldetag:** 05. Februar 2004

**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Robotersystem mit Werkzeug, Kamera  
und Lichtquelle

**IPC:** B 25 J 9/00

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 19. Januar 2005  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Schäfer

DaimlerChrysler AG

Böpple

03.02.2004

Robotersystem mit Werkzeug, Kamera und Lichtquelle

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Robotersystem, das mit einer Lichtquelle und einer Kamera zum Erfassen von geometrischen Eigenschaften eines Werkstücks und wenigstens einem Werkzeug zum Vornehmen von Manipulationen an dem Werkstück versehen ist. Ein solches Robotersystem ist z.B. aus JP-A-07-28 68 20 bekannt.

Bei diesem bekannten Robotersystem sind eine Lichtquelle und eine Kamera gemeinsam, aber unabhängig von einem Werkzeug an der Spitze eines gelenkigen Roboterarms montiert und mit einer Mehrzahl von Freiheitsgraden im Raum platzierbar, so dass die Lichtquelle ein zu bearbeitendes Werkstück ausleuchtet und die Kamera Bilder des Werkstücks aufnimmt.

Kamera und Lichtquelle dieses bekannten Systems sind gegeneinander nicht beweglich. Zwar ist die Lichtquelle mit Hilfe eines Projektors in der Lage, auch ohne eine Bewegung der Lichtquelle unterschiedliche streifenförmige Zonen im Blickfeld der Kamera wahlweise zu beleuchten, doch ist die Richtung, aus der ein bestimmter Punkt eines Objekts in dem Blickfeld angestrahlt wird, immer der gleiche, solange sich nicht Lichtquelle und Kamera gemeinsam bewegen. Dies kann die Auswertung der von der Kamera aufgenommenen Bilder erheblich erschweren, insbesondere dann, wenn die interessierenden Bereiche eines Objekts durch zwischen der Lichtquelle und ihnen liegende Gegenstände abgeschattet werden.

Aufgabe der Erfindung ist, ein Robotersystem zu schaffen, bei dem optimale Sichtverhältnisse für eine Kamera zum Erfassen eines Werkstücks bei unterschiedlichen Geometrien des Werkstücks oder einer Umgebung, in die es eingebaut ist, realisierbar sind.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Lichtquelle und die Kamera unabhängig von einander bewegbar sind, um das Blickfeld aus unterschiedlichen Richtungen auszuleuchten. D.h., wenn in einer gegebenen Stellung von Lichtquelle und Kamera in Bezug zueinander ein interessierender Bereich eines Werkstücks schlecht beleuchtet ist, kann die Lichtquelle unabhängig von der Kamera bewegt werden, um die Ausleuchtung dieses Bereichs zu verbessern. Die Variabilität der Ausrichtungen von Lichtquelle und Kamera relativ zueinander erleichtert auch die Gewinnung von 3D-Information aus einem von der Kamera erfassten Bild, da die mit einer Veränderung der Einstrahlrichtung auf ein Objekt verbundene Änderung der Form von Schatten es einer ggf. an die Kamera angeschlossenen Bildauswertungselektronik erlaubt, Schattenzonen von von Natur aus dunklen Oberflächen zu unterscheiden.

Vorzugsweise ist eine Baugruppe, die die Kamera und die Lichtquelle sowie wenigstens eine erste Stellvorrichtung zum Bewegen von Kamera und Lichtquelle gegeneinander umfasst, durch eine zweite Stellvorrichtung in Bezug auf eine gemeinsame Basis bewegbar. So ist es beispielsweise möglich, eine Standardstellung von Kamera und Lichtquelle in Bezug zueinander, die für die meisten Geometrien eines zu untersuchenden Werkstücks brauchbare Bilder liefert, an der ersten Stellvorrichtung einzustellen und zum Variieren von Blickfeld oder -winkel der Kamera lediglich die zweite Stellvorrichtung zu betätigen. Da diese Kamera und Lichtquelle gemeinsam bewegt, bleibt, von Parallaxeneffekten abgesehen, die Lichtquelle auf das Blickfeld der Kamera ausgerichtet, ohne das erstere dafür eigens in ihrer Bewegung gesteuert werden muss.

Vorzugsweise ist von Kamera und Lichtquelle eine fest mit der zweiten Stellvorrichtung verbunden, so dass ihre Position und Orientierung vollständig und ausschließlich durch die Stellung der zweiten Stellvorrichtung gegeben ist, wohingegen durch die Stellung der ersten Stellvorrichtung die Lage der Lichtquelle in Bezug auf die Kamera definiert ist.

Ferner ist vorzugsweise eine Baugruppe, die die Kamera und wenigstens eines der Werkzeuge sowie wenigstens eine dritte Stellvorrichtung zum Bewegen von Kamera und Werkzeug gegeneinander umfasst, durch eine vierte Stellvorrichtung in Bezug auf eine gemeinsame Basis bewegbar. Auch hier ist von Kamera und Werkzeug vorzugsweise jeweils eines fest mit der vierten Stellvorrichtung verbunden, so dass ihre Position und Orientierung vollständig und ausschließlich durch die Stellung der vierten Stellvorrichtung gegeben ist und die Stellung der dritten Stellvorrichtung die Lage von Kamera und Werkzeug in Bezug aufeinander festlegt.

Zu den Werkzeugen des erfindungsgemäßen Robotersystems gehören vorzugsweise wenigstens ein Greifwerkzeug und weiteres Werkzeug zur Durchführung eines beliebigen Bearbeitungsschritts an dem Werkstück. Das Greifwerkzeug, unter dem hier umfassend ein beliebiges Werkzeug zum zeitweiligen Halten und gegebenenfalls Bewegen eines Werkstücks verstanden wird, kann insbesondere dazu eingesetzt werden, Hindernisse zu greifen und (wenigstens zeitweilig) zu entfernen, die andernfalls den freien Zugang des Lichts von der Lichtquelle, die Sicht der Kamera oder den Zugang des weiteren Werkzeugs zu einer interessierenden Stelle des Werkstücks behindern.

Während die Beweglichkeit des weiteren Werkzeugs in Bezug auf die Kamera eingeschränkt sein kann, ist für das Greifwerkzeug und die Kamera eine möglichst hohe Zahl von Freiheitsgraden in der Bewegung relativ zueinander wünschenswert, damit das Greifwerkzeug Hindernisse entfernen kann,

ohne seinerseits das Blickfeld der Kamera zu beeinträchtigen. Daher sind das Greifwerkzeug und die Kamera vorzugsweise auf voneinander unabhängigen beweglichen Träger montiert, mit anderen Worten, die Zahl der Freiheitsgrade, mit denen das Greifwerkzeug und die Kamera in Bezug zueinander bewegbar sind, sollte größer sein als die Zahl der Freiheitsgraden der Kamera bzw. des Greifwerkzeugs in Bezug auf einen stationären Teil des Robotersystems.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Figuren.

Dabei zeigen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Robotersystems, bei dem Kamera, Lichtquelle und Werkzeug jeweils von an einem ortsfesten Sockel montierten Roboterarmen getragen sind;

Fig. 2 eine Abwandlung des Robotersystems aus Fig. 1, mit zwei Werkzeugen;

Fig. 3 eine zweite Ausgestaltung eines Robotersystems mit zwei Werkzeugen; und

Fig. 4 eine dritte Ausgestaltung des Robotersystems, bei dem Kamera, Lichtquelle und Werkzeug tragende Roboterarme an einem Portal montiert sind.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung das Grundprinzip der Erfindung. Ein ortsfester, z.B. am Boden einer Werkhalle montierter Sockel 1 trägt einen Roboterarm 2 mit mehreren gelenkig verbundenen Gliedern 3. Gelenke 4 zwischen dem Sockel 1 und den Gliedern 3 bzw. zwischen zwei Gliedern 3 haben jeweils wenigstens einen, vorzugsweise mehrere Rotati-

onsfreiheitsgrade und sind von einer nicht dargestellten Steuervorrichtung ansteuerbar, um ein am Ende des Arms 2 montiertes Werkzeug 5 im Rahmen der Reichweite des Arms 2 beliebig in allen drei Raumrichtungen zu positionieren und zu schwenken. Das Werkzeug 5 kann von beliebiger bekannter, zur Bearbeitung eines Werkstücks 6 geeignete Art sein, z.B. ein Greifer, ein Bohrer, eine Fräse, ein Schweißwerkzeug, etc..

Ein zweiter Sockel 7 trägt einen zweiten Roboterarm 8, dessen Aufbau der gleiche sein kann wie der des Roboterarms 2. Am freien Ende des Roboterarms 8 ist eine Kamera 9 montiert, die unter der Kontrolle der Steuervorrichtung beliebig im Raum positionierbar und auf das Werkstück 6 ausrichtbar ist, um der Steuervorrichtung Bilder des Werkstücks 6 zu liefern. Von der Kamera 9 steht eine Schiene 10 ab, auf der ein Schlitten 11 unter der Kontrolle der Steuervorrichtung verfahrbar ist. Der Schlitten 11 trägt über ein ebenfalls steuerbares Gelenk 12 eine Lichtquelle 13. Bei der Lichtquelle 13 kann es sich um einen einfachen Scheinwerfer mit Reflektor handeln, wie in der Figur angedeutet, der einen Lichtkegel mit einer Hauptstrahlrichtung B liefert, der durch Verschieben des Schlittens 11 und Schwenken des Gelenks 12 aus verschiedenen Winkeln relativ zur Blickrichtung der Kamera 9 auf das Werkstück 6 ausrichtbar ist. Vorzugsweise ist die Schiene 10 um die optische Achse A der Kamera 9 drehbar, so dass nicht nur der Winkel zwischen der Hauptstrahlrichtung B der Lichtquelle 13 und der optischen Achse A der Kamera 9 variabel ist, sondern auch die Lage der durch diese beiden Richtungen definierten Ebene. Während der Roboterarm 8 eine erste Stellvorrichtung darstellt, mit der die Steuervorrichtung Kamera 9 und Lichtquelle 13 in einer festen Lagebeziehung zueinander verschieben kann, sind der Schlitten 11 und das Gelenk 12 Teil einer zweiten Stellvorrichtung, mit der bei gegebener Position und Orientierung der Kamera 9 die Ausleuchtung des Blickfeldes der Kamera 9 variiert werden kann, um diejenige Ausleuchtung zu finden, die jeweils inte-

interessierende Details des Werkstücks 6 am besten erkennbar macht.

Eine bevorzugte Weiterbildung des Robotersystems ist in Fig. 2 gezeigt. Teile dieses Robotersystems, die bereits mit Bezug auf Fig. 1 beschriebenen Teilen entsprechen, tragen die gleichen Bezugszeichen und werden, soweit keine Unterschiede zur Ausgestaltung der Fig. 1 bestehen, nicht erneut erläutert. Das freie Ende des Roboterarms 8, das die Kamera 9 trägt, bildet hier die Basis eines dritten Roboterarms 14, an dessen freiem Ende sich ein Greifwerkzeug 15 befindet. Das Greifwerkzeug 15 kann in üblicher Weise mehrere gegeneinander bewegliche Finger zum Einklemmen des Werkstücks 6 oder eines Teils davon haben, oder es kann, wenn das zu greifende Teil ferromagnetisch ist, einen Elektromagneten enthalten, es kann einen mit einer Unterdruckquelle verbundenen Saugnapf oder eine beliebige andere Einrichtung zum zeitweiligen Festhalten eines Gegenstandes aufweisen. Wenn die Steuereinrichtung in dem von der Kamera 9 gelieferten Bild einen Gegenstand identifiziert, der den Blick auf die jeweils interessierende Stelle des Werkstücks 6 versperrt oder diese Stelle beschattet, so steuert sie das Greifwerkzeug 15 an, um den betreffenden Gegenstand zeitweilig zu entfernen, beispielsweise einen an das zu untersuchende Werkstück angeschlossenen Schlauch beiseite zu schieben oder einen daran angeschlossenen Steckverbinder abzuziehen. Nach erfolgter Inspektion des Werkstücks wird der Steckverbinder durch das Greifwerkzeug 15 wieder angesteckt.

Die Lichtquelle 13 ist hier an einem dritten ortsfesten Sockel 16 über einen vierten Roboterarm 17 montiert und bewegt sich daher, im Gegensatz zum Greifwerkzeug 15, nicht gekoppelt an die Kamera 9. So schränkt sie die Beweglichkeit des Roboterarms 14 rings um die Kamera 9 nicht ein. Alternativ könnten das Greifwerkzeug 15 und die Lichtquelle 13 natürlich beide in Bezug auf die Kamera 9 beweglich am Roboterarm 8 montiert sein.

Bei der in Fig. 3 gezeigten Ausgestaltung sind an dem freien Ende des ersten Roboterarms 2 das Werkzeug 5 und die Kamera 9 montiert. Die Kamera 9 kann mit dem Werkzeug 5 fest verbunden sein, mit fest auf eine mit dem Werkstück interagierende Spitze des Werkzeugs 5 ausgerichtet. Am zweiten Roboterarm sind die Lichtquelle 13 und, mit dieser über den Roboterarm 14 verbunden, das Greifwerkzeug 15 angeordnet. Das Greifwerkzeug 15 folgt, solange der Arm 14 nicht verstellt wird, jeder Bewegung der Lichtquelle befindet sich so immer in der Nähe der Lichtquelle, wenn er benötigt wird, um ein Hindernis zwischen der Lichtquelle und der von der Kamera 9 beobachteten Oberfläche des Werkstücks 6 oder zwischen dieser Oberfläche und der Kamera 9 zu entfernen.

Fig. 4 zeigt schematisch ein Robotersystem, bei dem der das Werkzeug 5 tragende Arm 2 und der die Kamera 9 und die Lichtquelle 13 tragende Arm 8 an Schienen 18 einer Laufkatze 19 montiert sind, die ihrerseits an Schienen 20 eines Portalaufbaus beweglich ist. Aufbau und Arbeitsweise der Arme 2, 8 ist hier die gleiche wie im Falle der Fig. 1. Wenn gewünscht, kann allerdings die Zahl der Gelenke 4 bei den Armen 2, 8 dieses Ausführungsbeispiels gegenüber dem der Fig. 1 reduziert werden, da durch die Beweglichkeit entlang der Schienen 18, 20 zwei Freiheitsgrade der Translation hinzukommen.

Einer nicht gezeichneten Abwandlung zufolge könnten auch die Roboterarme gemeinsam an einem Fahrzeug montiert sein.

DaimlerChrysler AG

Böpple

03.02.2004

### Patentansprüche

1. Robotersystem mit einem oder mehreren Werkzeugen (5, 15), einer Kamera (9) und einer Lichtquelle (13) zum Ausleuchten des Blickfeldes der Kamera (9), dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (13) und die Kamera (9) unabhängig voneinander bewegbar sind, um das Blickfeld aus unterschiedlichen Richtungen auszuleuchten.
2. Robotersystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Baugruppe, die die Kamera (9) und die Lichtquelle (13) sowie wenigstens eine erste Stellvorrichtung (10, 11, 12) zum Bewegen von Kamera (9) und Lichtquelle (13) gegeneinander umfasst, durch eine zweite Stellvorrichtung (8) in Bezug auf eine gemeinsame Basis bewegbar ist.
3. Robotersystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass von Kamera (9) und Lichtquelle (13) eine fest mit der zweiten Stellvorrichtung (8) verbunden ist.
4. Robotersystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Baugruppe, die die Kamera (9) und wenigstens eines der Werkzeuge (15) sowie wenigstens eine dritte

Stellvorrichtung (14) zum Bewegen von Kamera (9) und Werkzeug (15) gegeneinander umfasst, durch eine vierte Stellvorrichtung (8) in Bezug auf eine gemeinsame Basis bewegbar ist.

5. Robotersystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass von Kamera (9) und Werkzeug (15) eines fest mit der vierten Stellvorrichtung (8) ist.
6. Robotersystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zu den Werkzeugen (5,15) wenigstens ein Greifwerkzeug (15) und ein weiteres Werkzeug (5) gehört.
7. Robotersystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahl der Freiheitsgrade, mit denen das Greifwerkzeug (15) und die Kamera (9) in Bezug zueinander bewegbar sind, größer ist als die Zahl der Freiheitsgrade der Kamera (9) bzw. des Greifwerkzeugs (15) in Bezug auf einen stationären Teil des Robotersystems.

DaimlerChrysler AG

Böpple

03.02.2004

### Zusammenfassung

Ein Robotersystem umfasst ein oder mehrere Werkzeuge (5, 15), eine Kamera (9) und eine Lichtquelle (13), die unabhängig von der Kamera (9) bewegbar ist, um das Blickfeld der Kamera (9) aus unterschiedlichen Richtungen auszuleuchten.

(Figur 2)

Fig. 1

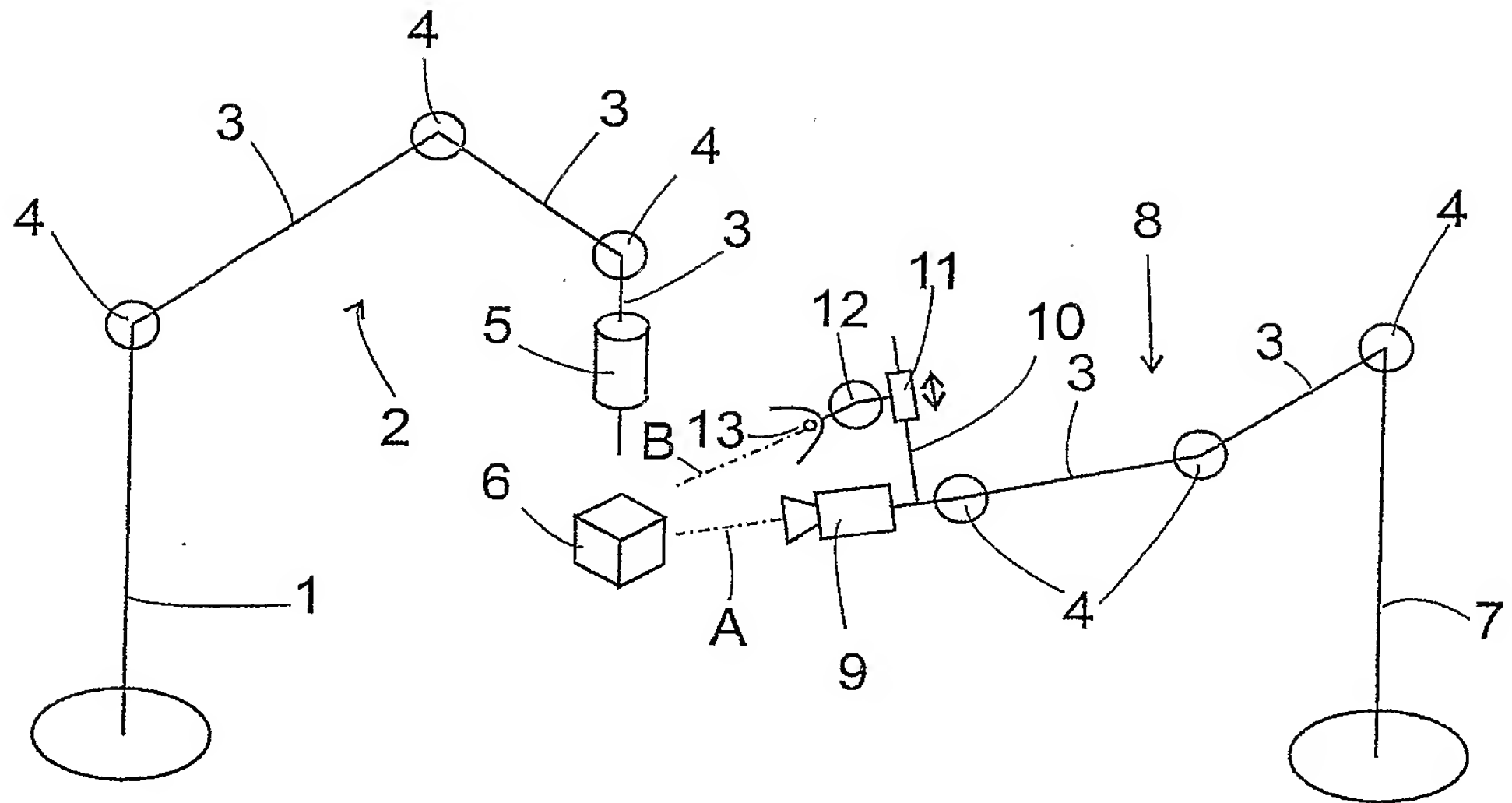


Fig. 2

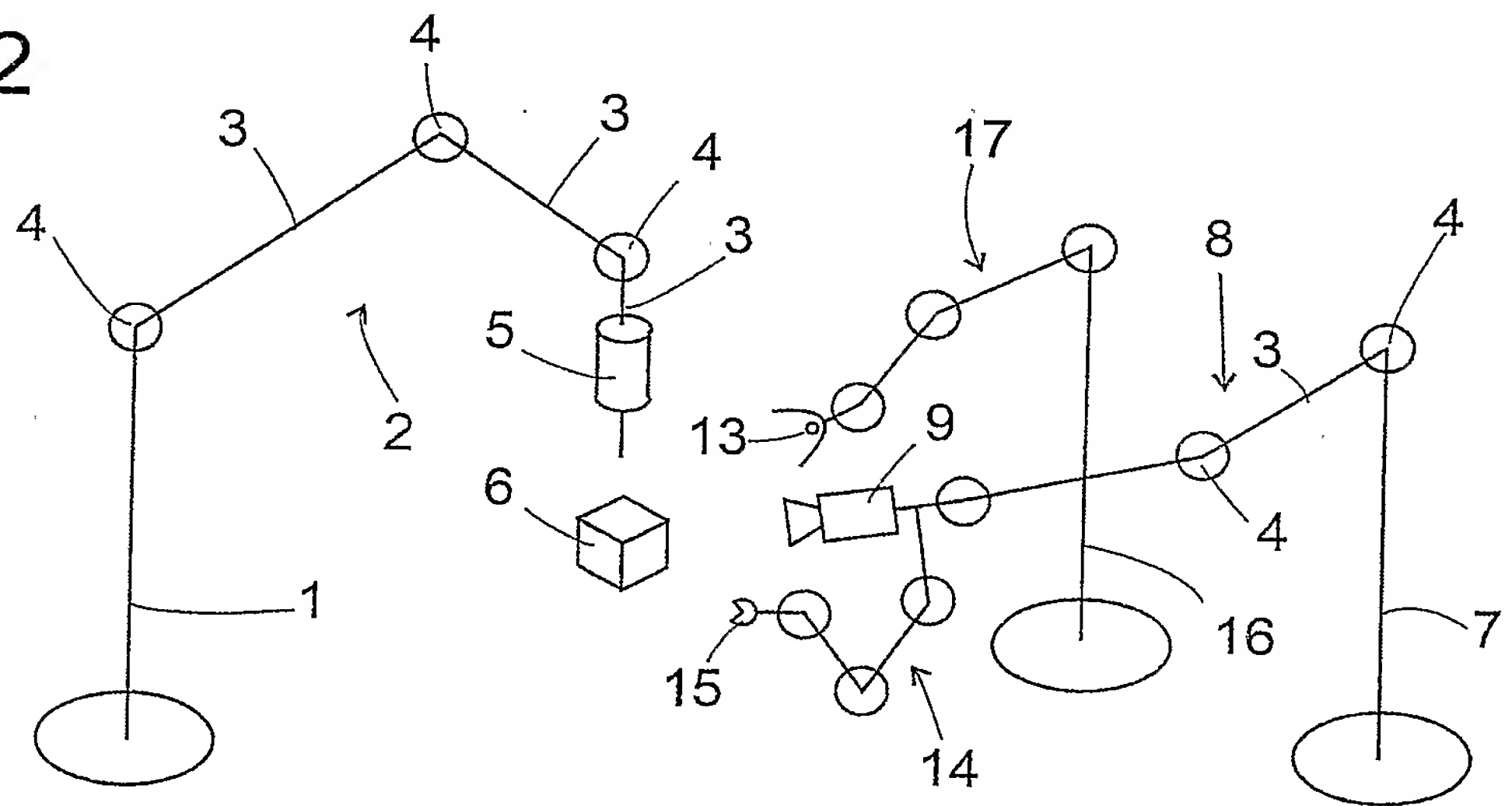


Fig. 3

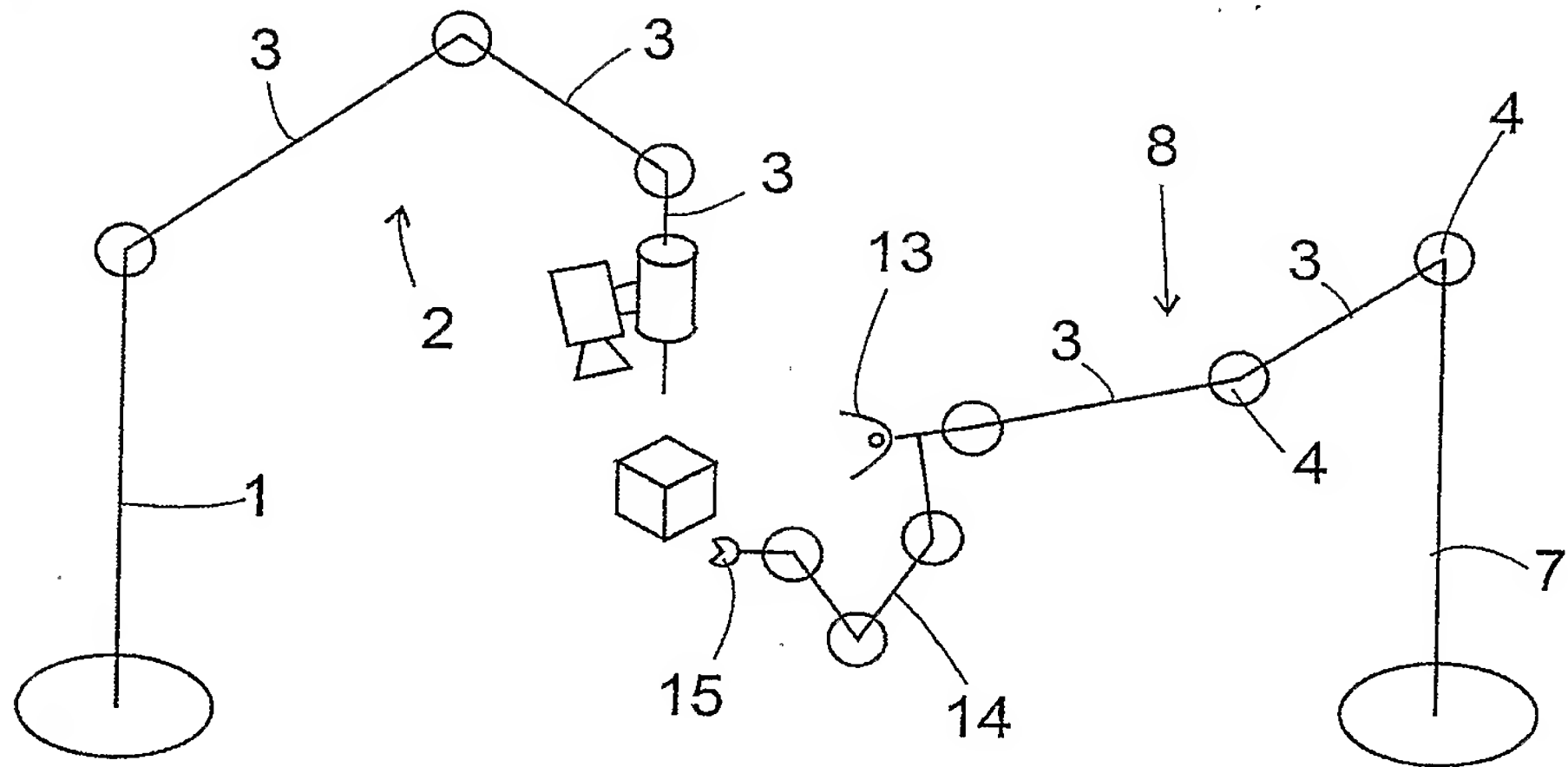


Fig. 4

